

19. BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

DE 101 57 659 A 1

51 Int. Cl. 7:

F 02 D 13/02

F 02 D 31/00

21 Aktenzeichen: 101 57 659.5  
22 Anmeldetag: 26. 11. 2001  
23 Offenlegungstag: 25. 7. 2002

30 Unionspriorität:  
09/730,067 05. 12. 2000 US

71 Anmelder:  
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich., US

74 Vertreter:  
Bonsmann & Bonsmann Patentanwälte, 41063  
Mönchengladbach

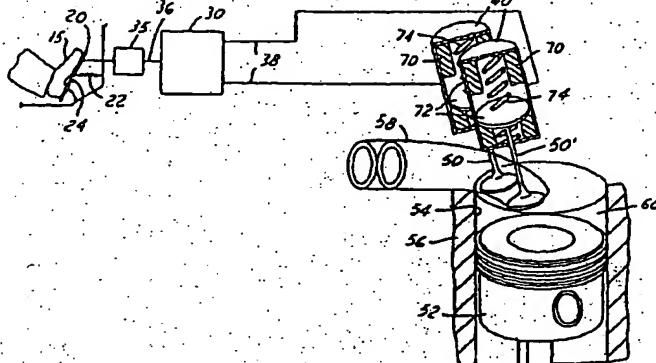
72 Erfinder:  
Hammoud, Mazen, Dearborn, Mich., US;  
Haghgoorie, Mohammad, Ann Arbor, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Einlassventil-Zeitsteuerung fürnockenlose Mehrventilmotoren

57 Zwei Einlassventile (50, 50') werden durch elektromechanische Stellglieder (40) unabhängig voneinander betätigt und von einer Motorsteuereinheit (30) aktiviert. In jedem Zylinder (54) ist ein Turnble-Einlassventil (50) und ein konventionelles Einlassventil (50') vorgesehen. Die Ventilelemente werden individuell geöffnet und geschlossen, um ein gewünschtes Luftstrommuster in der Brennkammer (60) zu erzielen und damit die Verbrennung zu optimieren, wodurch die Kraftstoffausnutzung gesteigert wird und unerwünschte Emissionen reduziert werden. Das Öffnen und Schließen der Ventilelemente erfolgt in Abhängigkeit von der Motordrehzahl, der Motorlast und anderen Faktoren.



DE 101 57 659 A 1

DE 101 57 659 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Einlassventilanordnungen für Mehrventilmotoren und insbesondere Verfahren und Einrichtungen, um ein für eine optimale Verbrennung wünschenswertes Turbulenzniveau des Luft-Kraftstoffgemisches in der Brennkammer sicherzustellen.

[0002] Fahrzeughersteller verfolgen in der heutigen Zeit das generelle Ziel, Verbrennungsmotoranordnungen mit einer besseren Kraftstoffausnutzung bei gleichzeitiger Reduktion unerwünschter Emissionen zu realisieren. Es wurden vielfältige Systeme entwickelt, mit denen diese Ziele ganz oder teilweise mit zufriedenstellenden Ergebnissen erreicht werden können. Beispiele für derartige Systeme sind z. B. die Zufuhr vorgegebener Mengen an Kraftstoff und Luft bei bestimmten Betriebsbedingungen, verschiedene Brennkammerausbildungen einschließlich einer Muldenausformung im Kolbenboden, um eine gewünschte Gemischaufbereitung und -strömung unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen sicherzustellen; Einlass- und Auslassventilmechanismen, welche gewünschte Tumble- und/oder Wirbelmuster der Zylinderinnenströmung erzeugen, Luft-Kraftstoffgemisch-Schichtladungen in der Brennkammer und dergleichen. Einige dieser Systeme finden insbesondere bei Ottomotoren mit Direkteinspritzung (DISI) Verwendung.

[0003] Die Ladungsbewegung in der Brennkammer ist ein wichtiger Faktor zur Turbulenzerzeugung, die wiederum die Verbrennungsrate in den Motoren steigert. Die Erzeugung von Tumble und/oder Wirbeln geht jedoch oft zu Lasten des Durchflusskoeffizienten (discharge coefficient), so dass die maximale Leistungsabgabe des Motors reduziert wird.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht dementsprechend darin, eine Verbrennungsmotoranordnung bereitzustellen, bei der eine jeweils gewünschte Turbulenz in der Brennkammer erzeugt werden kann, ohne den Durchflusskoeffizienten zu mindern.

[0005] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Zweckmäßige Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0006] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine verbesserte Verbrennungsanordnung für Motoren bereitgestellt wird.

[0007] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass in der Brennkammer ein großes Turbulenzströmungsfeld bereitgestellt wird, ohne den Durchflusskoeffizienten oder die maximale Leistungsabgabe des Motors zu mindern.

[0008] Ferner besteht ein Vorteil der Erfindung darin, dass eine Verbrennungsmotoranordnung bereitgestellt wird, die eine hohe Kraftstoffausnutzung bei gleichzeitiger Reduktion unerwünschter Emissionen sicherstellt.

[0009] Mit der vorliegenden Erfindung werden Verfahren bzw. eine Anordnung zur Erzielung dieser Vorteile bereitgestellt, bei denen bzw. bei der ein hohes Turbulenzniveau in der Brennkammer erzeugt werden kann, ohne den Durchflusskoeffizienten zu beeinträchtigen. Gemäß der Erfindung wird ein Mehrventilmotor mit mindestens zwei unabhängig voneinander betätigten Einlassventilen in jedem Zylinder ausgestattet. Ein Einlasskanal ist für die Erzeugung einer Tumbleströmung ausgelegt; während der andere für eine konventionelle Zylinderfüllung mit einer hohen Flussrate ausgelegt ist. Dadurch, dass sich ein Einlassventil früher oder später als das andere Einlassventil öffnet, wird in der Brennkammer eine starke Wirbel- und Tumbleströmung erzeugt, die während des Ansaug- und Verdichtungsvorgangs zu einer Zylinder-Innenturbulenz abklingt. Dabei wird jedes Einlassventil über ein elektromechanisches oder elektrohydraulisches Stellglied betätigt, das wiederum von der Mo-

torsteuerung aktiviert wird.

[0010] Bei niedriger Last wird die notwendige Mischbewegung über eine Einlassventil-Zeitsteuerung erzeugt, um die Verbrennungsrate und die thermische Effizienz zu verbessern. Das Tumbleventil kann in diesem Fall außer Betrieb gesetzt werden, so dass im Zylinder nur eine Wirbelströmung erzeugt wird. Bei geringfügig höherer Last kann eine kombinierte Tumble- und Wirbelströmung erzeugt werden. Hierzu wird entweder das konventionelle Ventil während eines Teils des Prozesses für eine anfängliche Wirbelströmung geöffnet, bevor dann beide Ventile geöffnet werden, oder es wird das Tumbleventil allein geöffnet, um eine geneigte Wirbelbewegung in negativer Richtung zu erzeugen. Bei noch höherer Last (d. h. mittlerer Last) wird das Öffnen und Schließen der Ventile zeitlich derart gesteuert, dass eine Tumbleströmung erzeugt wird. Bei Vollastbetrieb werden beide Ventile gemäß einer konventionellen Zeitsteuerung geöffnet und geschlossen, um den erforderlichen hohen Strömungsdurchsatz bereitzustellen und die Leistungsabgabe zu maximieren.

[0011] Mit der vorliegenden Erfindung lässt sich das Öffnen und Schließen der Einlassventile flexibel und zeitlich genau steuern, um eine optimale Verbrennung des Kraftstoffs unter allen Betriebsbedingungen sicherzustellen. Das Öffnen und Schließen der Ventile wird von der Motorsteuerung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und Last variiert.

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

[0013] Fig. 1 das Gesamtsystem gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 2 eine schematische Darstellung der verschiedenen Komponenten der Erfindung;

[0015] Fig. 3A, 3B und 3C typische Betätigungsstellungen der Einlassventile;

[0016] Fig. 4 ein Flussdiagramm, welches das allgemeine Verfahren zeigt, gemäß dem die Einlassventile unter bestimmten Lastbedingungen betätigt werden, um den Modus der Gemischbewegung zu optimieren; und

[0017] Fig. 5 eine typische Lookup-Tabelle zum erfundungsgemäßen Gebrauch.

[0018] Die Bildung von Wirbel- oder Tumblebewegungen des Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Brennkammer ist wichtig, um die Verbrennungsrate des Kraftstoffs bei Ottomotoren zu verbessern. Bei der Tumbleströmung rotiert die angesaugte Luft um eine Achse, die senkrecht zur Zylinderachse steht. Bei der wirbelförmigen Luftstrombewegung verläuft die Rotationsachse dagegen parallel zu der Zylinderachse. Schließlich bezeichnet der Begriff "swumble" eine Zylinder-Innenströmung, bei der die Rotationsachse gegenüber der Zylinderachse geneigt ist.

[0019] In vielen Fällen geht die Erzeugung von Tumble- oder Wirbelströmungen der Luft aufgrund von Abdeckungen (masks) oder anderen Strömungshindernissen nahe der Ventilöffnung zu Lasten des Durchflusskoeffizienten, wenn der Strom das Ventil passiert. Dadurch vermindert oder verschlechtert sich die Leistungsabgabe des Motors. Bei der vorliegenden Erfindung werden starke Wirbel- oder Tumbleluftströme erzeugt, indem in einem Mehrventilmotor ein Ventil früher oder später geöffnet wird als das andere Ventil, ohne dass der Durchflusskoeffizient dabei gemindert wird.

[0020] Bei Betriebsbedingungen mit niedrigem Strömungsdurchsatz, d. h. bei niedriger Motordrehzahl und geringer Last, wird eines der Einlassventile deaktiviert, um eine Ladungsbewegung zu erzeugen, die eine ausreichende Mischung und eine robuste Verbrennung sicherstellt. Eine robuste Verbrennung ist notwendig, um eine stabile Verbrennung zu gewährleisten, wodurch ein hoher Wirkungs-

grad und ein geringer Ausstoß von unverbrannten Kraftstoff gewährleistet wird.

[0021] Unter Vollastbedingungen, wenn die maximale Motorleistung gefordert wird, ist die Zeitsteuerung der Ventile derart eingerichtet, dass der maximale Luftstrom in die Verbrennungskammer bereitgestellt wird. Ein höherer Füllungsgrad im Zylinder führt zu einer größeren Leistungsabgabe des Motors.

[0022] Die Komponenten und die erfindungsgemäße Anordnung sind in Fig. 1 dargestellt. Fig. 2 ist eine schematische Darstellung der verschiedenen Komponenten des Systems. Die Fig. 3A bis 3C zeigen eine typische Betätigung der Einlassventile.

[0023] Im Gebrauch reagiert das erfindungsgemäße System auf Fahrerbefehle. Dabei betätigt der Fahrer bei 20 ein Gaspedal, das ein Signal an eine Motorsteuereinheit (ECU) 30 sendet, welches die Anforderung des Fahrers anzeigen. An dem Gaspedal 24 ist ein Federelement 22 vorgesehen, um dem Fahrer 15 eine fühlbare Rückkopplung zu geben.

[0024] Die Bewegung des Gaspedals 24 kann mittels einer Gaspedal-Ansprecheinheit 35 registriert werden, die die lineare Bewegung des Gaspedals in ein entsprechendes Signal 36 umsetzt und in Beziehung zu Signalen von anderen konventionellen Sensoren wie einem Motordrehzahlmesser (nicht dargestellt) und/oder einem Motortemperaturfühler (nicht dargestellt) setzt. Die Motorsteuereinheit (ECU) sendet entsprechende Signale 38 an Ventilstellglieder 40, welche zwei Einlassventile 50 und 50' betätigen.

[0025] Wie bereits erwähnt, betrifft die Erfindung Mehrventilmotoren. Dabei handelt es sich um Motoren mit mindestens zwei Einlassventilen in jedem der Motorzyylinder. In der schematischen Darstellung von Fig. 1 befindet sich ein Kolben 52 in einem Zylinder 54 des Motors 56, der in ein Fahrzeug eingebaut ist. Die beiden Einlassventile 50 und 50' befinden sich an der Schnittstelle zwischen einem Luftsaugkanal 58 und dem Motorzyylinder 54.

[0026] Weiterhin ist eine Kraftstoffeinspritzdüse (nicht dargestellt) vorgesehen, um Kraftstoff in einen oberen Bereich 60 des Zylinders 54 einzubringen, und zwar entweder in und durch die Luftsaugkanäle oder direkt in die Verbrennungskammer. In dem Zylinder 54 befindet sich eine Zündkerze (nicht dargestellt), um den in die Verbrennungskammer 60 eingebrachten Kraftstoff zu entzünden.

[0027] Die elektromechanischen Stellglieder 40 enthalten Elektromagnetelemente 70, die dazu dienen, die Ankerelemente 72, welche an den Enden der Einlassventilelemente 50 und 50' befestigt sind, in Längsrichtung zu betätigen. Spiralfederelemente 74 dienen dazu, die Einlassventilelemente 50 und 50' in ihre geschlossene bzw. im Zylinderkopf aufsitzende Position zu drücken. Wenn die Einlassventile geschlossen sind oder aufsitzten, verhindern diese, dass Luft aus dem Ansaugkanal 58 in die Brennkammer 60 gelangen kann.

[0028] Wie in den Fig. 3A, 3B und 3C dargestellt, kann eines oder können beide Einlassventilelemente 50 und 50' in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und Last angehoben (geschlossen) oder gesenkt (geöffnet) werden. In Fig. 3A ist das Einlassventilelement 50' geöffnet, so dass Luft aus dem Ansaugkanal in die Brennkammer strömen kann; während das Einlassventilelement 50 in geschlossener oder aufsitzender Position verbleibt. Hieraus resultiert ein spezielles Luftströmungsmuster in die Brennkammer 60, welches von der Größe, der Lage und dem Neigungswinkel des Luftkanals 58 sowie von anderen Faktoren einschließlich des Druckabfalls beim Passieren des Ventils 50 abhängig ist.

[0029] In Fig. 3B ist das Einlassventilelement 50 geöffnet, während das Einlassventilelement 50' in geschlossener oder aufsitzender Position verbleibt. Diese Konstellation führt zu

einer anderen Luftströmungskonfiguration in der Brennkammer, die wiederum von der speziellen Größe und Beschaffenheit des Luftsaugkanals abhängt.

[0030] Schließlich ist in Fig. 3C dargestellt, wie beide Einlassventilelemente 50 und 50' geöffnet (abgesenkt) sind. Hierbei kann die maximale Luftmenge in die Brennkammer strömen, was wiederum zu einer anderen Luftströmungskonfiguration in der Brennkammer führt.

[0031] Weitere Luftströmungsmuster in der Brennkammer lassen sich darüber hinaus dadurch erzielen, dass das Öffnen und Schließen der Ventilglieder untereinander zeitlich abgestimmt wird.

[0032] Um die jeweils geeignete Luftströmung oder Turbulenz innerhalb der Brennkammer zu bestimmen, wird der spezielle betroffene Motor ausgewertet und analysiert. Das Öffnen und Schließen der Ventilelemente sowie die spezielle Öffnungsweite und -abfolge eines Ventilelements in Relation zu dem anderen Ventilelement können so bestimmt werden, dass für alle Motorbetriebsbedingungen eine optimale Verbrennung des Kraftstoffs in der Brennkammer erzielt wird. Die optimale Verbrennung kann definiert werden über eine Minimierung des Kraftstoffverbrauchs, die Minimierung der Emissionen, die Maximierung der Stabilität, die Verbesserung anderer Faktoren oder anhand einer Kombination dieser Kriterien. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde erkannt, dass ein nockenloser Motor die notwendige Flexibilität bei der Ventil-Zeitsteuerung bietet, um die Verbrennung im Motor unter allen Betriebsbedingungen zu optimieren.

[0033] Ein Mehrventilmotor mit unabhängig voneinander gesteuerten Ventilen, wie er vorstehend dargestellt wurde, weist eine Reihe von Vorteilen auf. Die Anzahl der betätigten Ventile kann bei jeder Drehzahl oder Last derart gewählt werden, dass der Energieverbrauch und die Leistung optimiert werden. Mit den flexiblen Betriebsmerkmalen des Motors steht eine Vielzahl von Strömungsmustern zur Verfügung, so dass vorwiegend Wirbel, vorwiegend Tumble und eine Swumble-Strömung erzeugt werden können.

[0034] Das Flussdiagramm in Fig. 4 zeigt die allgemeine Art und Weise, wie die Einlassventile unter bestimmten Lastbedingungen betätigt werden können, um die Gemischbewegungsart zu optimieren und die Kraftstoffeffizienz zu steigern.

[0035] Im ersten Schritt 100 ist vorgesehen, dass eine der beiden Einlassöffnungen eine Tumbleströmung (V-1) erzeugt, während es sich bei der anderen um eine übliche, konventionelle Einlassöffnung (V-2) handelt. Bei einer Tumbleströmungs-Einlassöffnung ist der Einlasskanal typischerweise derart konfiguriert, dass die Luft in einer im Wesentlichen vertikalen Richtung in den Zylinder eingeführt wird. Tumble-Einlassöffnungen sind in der Fachwelt gut bekannt. Es kann jede gängige Konstruktion eingesetzt werden.

[0036] An diesem Punkt wird eine Lookup-Tabelle 102 eingesetzt, um die optimale Gemischbewegungsart für den Motor zu bestimmen. Die optimale Gemischbewegungsart hängt von einer oder mehreren Betriebsbedingungen des Motors ab, z. B. der vom Motor erzeugten Last und der Stellung des Kurbelns in Relation zu dem Kurbelwinkel. Eine beispielhafte Lookup-Tabelle 130 ist in Fig. 5 abgebildet. Für jeden Motor oder Motortyp wird eine spezielle Lookup-Tabelle erstellt, die zu verschiedenen Konstellationen beim Öffnen und Schließen der Ventile in Abhängigkeit von der prozentualen Last und den Umdrehungen pro Minute (Upm) des speziellen Motors führt. Jede Motorkonstruktion wird in dieser Hinsicht kalibriert, um die optimale Gemischbewegungsart für diesen speziellen Motor herauszufinden. Dann wird eine Lookup-Tabelle erstellt und eingesetzt, um die je-

weils erforderliche Betriebsart (z. B. Nummern 1 bis 4) bereitzustellen, so dass die Verbrennung maximiert und hierdurch die Kraftstoffeinsparung erhöht wird und die Emissionen reduziert werden. Bei der Referenzliste 130 wird die Betriebsart Nr. 1 ("1") eingesetzt, wenn die Last 30% oder weniger beträgt, und die Upm bei 3000 oder weniger liegen. Wenn Last und Upm ansteigen, wechselt die Betriebsart auf Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4, wie dargestellt. Diese Betriebsarten sind durch die Bezugsnummern 132, 134, 136 bzw. 138 gekennzeichnet und entsprechen "Nr. 1", "Nr. 2", "Nr. 3" bzw. "Nr. 4" in Fig. 4.

[0037] Mit der Erfindung wird eine umfassende Steuerung der Fluidbewegung in den Motorzylindern bereitgestellt, was zu einer verbesserten Verbrennung von Kraftstoff im Motor führt. Dies wiederum führt zu einer größeren Kraftstoffeinsparung sowie zu einer Reduktion von unerwünschten Emissionen.

[0038] Bei Lastbedingung Nr. 1, welche dem Leerlaufbetrieb entspricht, ist die optimale Gemischbewegung gemäß Schritt 104 eine hohe Wirbelströmung ohne Tumblebewegung. Diese wird erzeugt, indem in Block 106 das Tumble-Einlassventil in Öffnung V-1 gesperrt und eine Wirbelströmung im Zylinder erzeugt wird. Dies verbessert die Leerlaufstabilität und erhöht das anfängliche Flammenkernwachstum. Eine robuste Verbrennung hängt von einem frühen Flammenwachstum ab.

[0039] Die Lastbedingung Nr. 2 entspricht leichter Last. Als optimale Luft-Kraftstoff-Bewegung im Zylinder wird in 108 eine kombinierte Wirbel- und Tumbleströmung (swumble) bereitgestellt. In Block 110 ist abzulesen, dass während eines Teils des Ansaugvorgangs nur das konventionelle Einlassventil in Öffnung V-2 geöffnet wird, um eine Wirbelbewegung im Zylinder zu initiieren. Danach werden beide Ventile geöffnet, so dass die Tumbleströmung die Wirbelachse neigt. Das Ventil V-2 kann z. B. geöffnet werden, wenn sich der Kolben zwischen -45° und +45° vor dem oberen Totpunkt befindet, und das Ventil V-1 kann geöffnet werden, wenn sich der Kolben bei 80° vor dem oberen Totpunkt befindet.

[0040] Eine alternative Vorgehensweise bei Leichtlastbedingungen wird in Block 112 aufgezeigt. Bei dieser Vorgehensweise wird nur das Tumbleventil V-1 geöffnet. Hierdurch wird eine geneigte Luft-Kraftstoff-Wirbelbewegung in gegenläufiger oder negativer Richtung erzeugt. In beiden Fällen – 110 und 112 – wird ein Luft-Kraftstoffgemisch mit einer schrägen oder geneigten Wirbelströmung, wenn auch in entgegengesetzter Richtung, erzeugt.

[0041] Bei noch höherer Last (Nr. 3), bei der man auch von mittlerer Last spricht, wird im Motorzylinder in 114 eine Tumblebewegung erzeugt. Ein Betrieb unter mittlerer Last liegt z. B. vor, wenn der Motor mit gleichbleibender Drehzahl läuft, wenn beispielsweise auf einer Autobahn gefahren wird. Wie in Block 116 dargestellt, werden beide Ventile während des Ansaughubs gleichzeitig geöffnet: Das Öffnen der Ventile ist zeitlich so gesteuert, dass dieses mit der maximalen Kolbenbewegung zusammentrifft, damit die erforderliche Tumble-Bewegung erzeugt wird. Beide Ventile sind z. B. geschlossen, wenn der Kolben am unteren Totpunkt ist, beide Ventile sind zwischen 100° und -75° vor dem oberen Totpunkt geöffnet, und danach sind beide Ventile geschlossen.

[0042] In einem Leistungsbereich mit mittlerer Drehzahl wird nur etwa 50% der Luft, die von dem Motor angesaugt werden könnte, benötigt, um diese Last zu entwickeln. Gemäß der Erfindung wird dabei eine höhere Verdünnungstoleranz bereitgestellt, d. h. dank der höheren Gemischbewegung kann den Verbrennungsgasen eine größere Abgasmenge beigemischt werden, ohne die Verbrennungsstabilität

zu verschlechtern. Eine höhere Verdünnung von Abgasen trägt zur Reduktion von NO<sub>x</sub>-Emissionen bei und erhöht den Wirkungsgrad des Motors; Letzteres vor allem, weil die Pumpverluste reduziert werden.

[0043] Die Vollastbedingung ist in Fig. 4 mit Nr. 4 bezeichnet und mit dem Bezeichnungszeichen 118 gekennzeichnet. Eine Vollastbedingung kann z. B. gegeben sein, wenn das Fahrzeug beim Überholen eines anderen Fahrzeugs beschleunigt oder bergauf gefahren wird. Unter dieser Bedingung werden, wie in Block 120 dargestellt ist, beide Ventile derart geöffnet, dass die Luftsaugmenge maximiert wird. Der Strömungsdurchsatz durch die Einlassöffnungen in den Zylinder ist bei Vollast am größten, und das Turbulenzniveau des in den Zylinder geleiteten Gemisches ist hoch. Es ist in diesem Fall nicht notwendig, eine ausgeprägte Strömungsstruktur wie Tumble oder Wirbel, die bis zum Zündzeitpunkt im Zylinder bestehen bleibt, einzuleiten.

[0044] Bei Vollast liegt die Schwierigkeit bei der Verbrennung in der Neigung zur Verbrennungsrauheit (combustion harshness), wenn die Verbrännung mit zu hoher Geschwindigkeit erfolgt. Dem wird entgegengewirkt, indem das Turbulenzniveau im Zylinder reduziert wird, was zur Folge hat, dass ein Maximum an Luft angesaugt wird. Hierdurch wird die maximale Leistungsabgabe des Motors verbessert.

[0045] Obwohl vorstehend spezielle Ausgestaltungen der Luftkanäle und Ansaugventile beschrieben wurden, kann die Erfindung selbstverständlich bei jedem Mehrventilmotor mit jeder beliebigen Luftkanalform oder mit beliebigen Einlassventilen eingesetzt werden. Auch die in den Zeichnungen dargestellten elektromechanischen Stellglieder 40 dienen nur als Beispiel. Alle bekannten oder gleichwertigen Stellgliedtypen zum Öffnen und Schließen von Einlassventilen können verwendet werden, und die vorliegende Erfindung ist in dieser Hinsicht nicht beschränkt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz in einem Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer (60) eines Mehrventilmotors, wobei der Motor wenigstens ein erstes und ein zweites Einlassventilelement (50, 50') aufweist, die jeweils unabhängig voneinander von einem Stellglied (40) betätigt werden, und wobei die Aktivierung der Stellglieder von einer Motorsteuereinheit (30) gesteuert wird, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Bestimmung eines Betriebsmodus des Motors; separate Betätigung der Einlassventilelemente, um eine Luft-Kraftstoff-Turbulenz in der Brennkammer des Motors zu erzeugen, die zumindest teilweise dem Betriebszustand entspricht, wobei die optimale Luft-Kraftstoff-Turbulenz für den Betriebszustand derart erzeugt wird, dass die Kraftstoffausnutzung maximiert und unerwünschte Emissionen minimiert werden.

2. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lookup-Tabelle zur Betätigung der Stellglieder (40) und der zugehörigen Einlassventilelementen (50, 50') in Abhängigkeit von der Last und der Drehzahl des Motors herangezogen wird.

3. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlassventilelemente (50, 50') in Abhängigkeit von einer Lookup-Tabelle, die für den jeweiligen Motor erstellt wurde, betätigt werden.

4. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach ei-

- nem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Einlassventilelement (50) ein Einlassventilelement vom Tumble-Typ ist.
5. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Einlassventilelement (50') als konventionelles Einlassventilelement ausgebildet ist.
6. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Einlassventilelement (50) ein Einlassventilelement vom Tumble-Typ und das zweite Einlassventilelement (50') ein konventionelles Einlassventilelement ist.
7. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei geringer Last des Motors das erste Einlassventilelement (50) deaktiviert und nur das zweite Ventil (50') betätigt wird.
8. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei geringer Last des Motors das erste Ventilelement (50) deaktiviert wird und eine Wirbelbewegung des Luftstroms in der Brennkammer (60) erzeugt wird.
9. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer ersten Betriebsart mit mittlerer Last eine geneigte Wirbelbewegung des Luftstroms in der Brennkammer (60) erzeugt wird.
10. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die geneigte Wirbelbewegung des Luftstroms erzeugt wird, indem zunächst das zweite Ventil (50') für einen ersten Abschnitt des Ansaugvorgangs und dann parallel dazu das erste Ventil (50) für einen zweiten Abschnitt des Ansaugvorgangs geöffnet wird.
11. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Ventil (50') deaktiviert ist.
12. Verfahren zur Erzeugung einer Turbulenz nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer zweiten Betriebsart des Motors mit mittlerer Last in der Brennkammer (60) eine Tumble-Bewegung des Luftstroms erzeugt wird.
13. Verfahren zur Erzeugung von Turbulenz nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Tumble-Bewegung des Luftstroms erzeugt wird, indem das Öffnen sowohl des ersten als auch des zweiten Ventilelements (50, 50') während des Ansaugvorgangs zeitlich gesteuert wird.
14. Verfahren zur Erzeugung von Turbulenz nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vollastbetrieb des Motors sowohl das erste als auch das zweite Ventilelement (50, 50') mit einer konventionellen Zeitsteuerung für den Motor betätigt werden.
15. Verfahren zur Optimierung der Luft-Kraftstoff-Bewegung in den Zylinderbrennkammern (60) eines Mehrventilmotors, wobei jeder Zylinder (54) ein erstes und ein zweites Einlassventil (50, 50') aufweist, wobei sowohl das erste als auch das zweite Einlassventil einzeln und unabhängig voneinander betätigt werden können; und wobei der Motor über eine elektronische Steuerung (30) zur Betätigung des ersten und zweiten Einlassventils verfügt, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- Festlegen mehrerer Betriebsbedingungen des Motors auf der Basis der Motorlast und der Drehzahl;
- Erstellen einer Lookup-Tabelle (130) auf der Grundlage dieser mehreren Betriebsbedingungen;

- Betätigung des ersten und zweiten Einlassventils in Abhängigkeit von der Lookup-Tabelle in Bezug auf eine erste Motorlast und Drehzahl; und Erzeugen einer Luftstrombewegung in der Zylinderbrennkammer, die einer der mehreren Betriebsbedingungen entspricht.
16. Anordnung zur Erzeugung einer Turbulenz eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Brennkammer (60) eines Mehrventilmotors, wobei der Motor zumindest ein erstes und zweites Einlassventilelement (50, 50') und eine Steuereinheit (30) aufweist, gekennzeichnet durch:
- Mittel zur Bestimmung einer Motorbetriebsbedingung; Mittel (40) zur separaten Betätigung des ersten und des zweiten Einlassventilelements, um in der Brennkammer eine gewünschte Luft-Kraftstoff-Turbulenz zu erzeugen, die wenigstens teilweise der Betriebsbedingung entspricht, wobei eine optimale Luft-Kraftstoff-Turbulenz für diese Betriebsbedingung erzeugt wird, um die Kraftstoffausnutzung zu maximieren und unerwünschte Emissionen zu minimieren.
17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Bestimmung einer Betriebsbedingung eine Lookup-Tabelle (130) aufweisen.
18. Anordnung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Einlassventilelement (50) ein Tumble-Einlassventil ist und das zweite Einlassventilelement (50') ein konventionelles Einlassventil ist.
19. Anordnung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass für den Motor mehrere Betriebsbedingungen auf der Grundlage von Motorlast und Motordrehzahl festgelegt werden, und wobei das erste und das zweite Einlassventilelement (50, 50') gemäß einer dieser Betriebsbedingungen separat betätigt werden, um eine entsprechende Luftstrombewegung in der Brennkammer (60) zu erzeugen.
20. Anordnung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Lookup-Tabelle (130) mehrere Betriebsbedingungen des Motors auf der Basis von Motorlast und Motordrehzahl enthält, und wobei das erste und zweite Einlassventilelement (50, 50') in Übereinstimmung mit einer dieser Betriebsbedingungen separat betätigt werden, um eine entsprechende Luftstrombewegung in der Brennkammer zu erzeugen.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

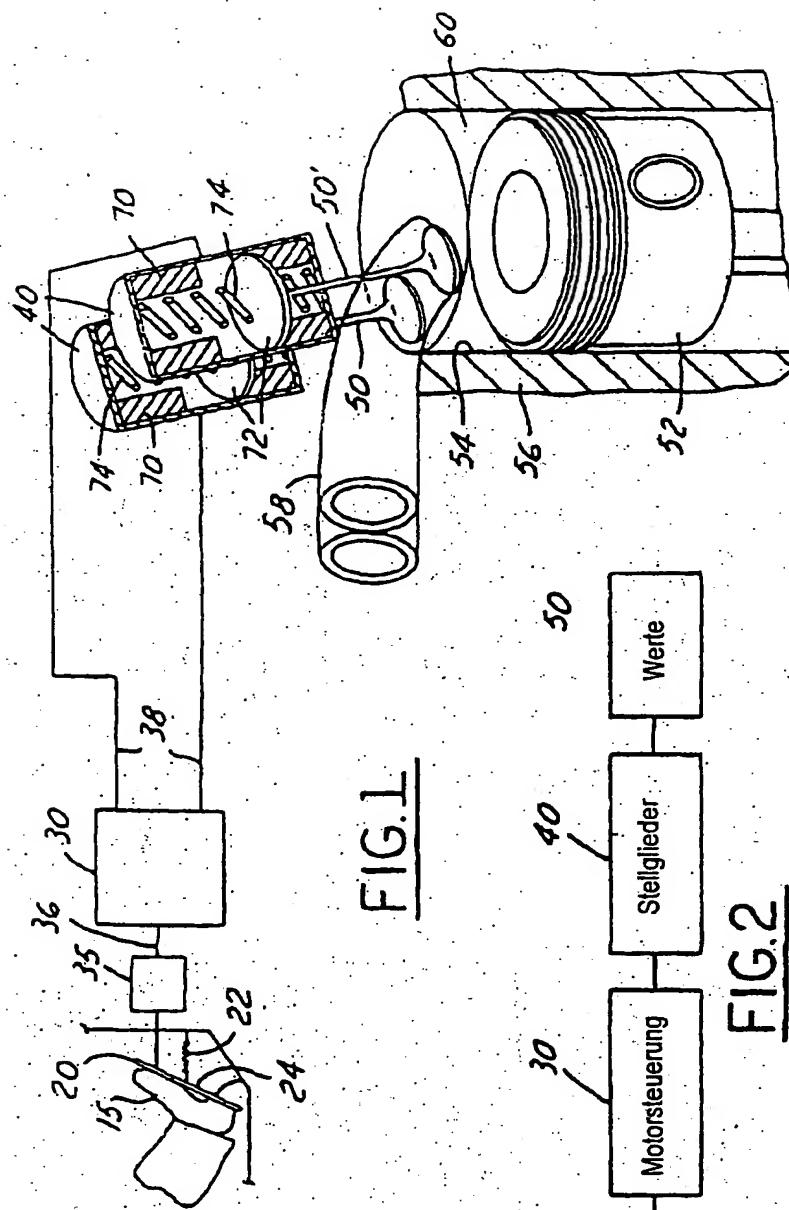


FIG. 1

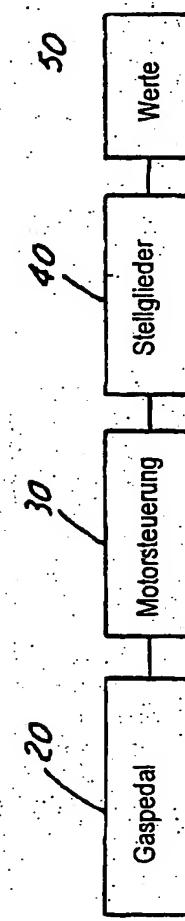


FIG. 2

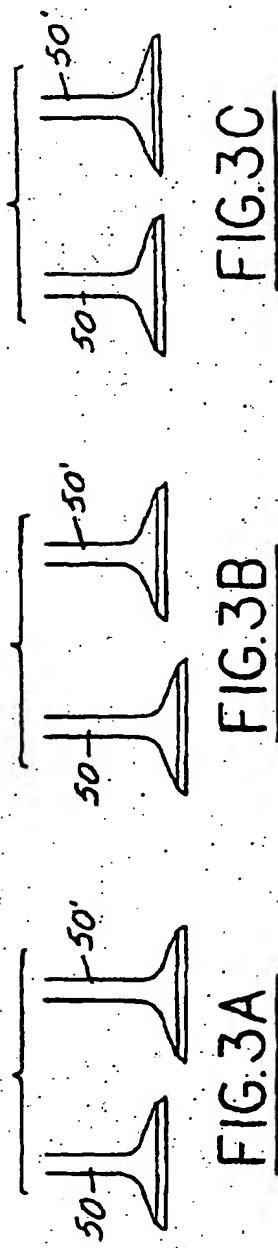


FIG. 3C

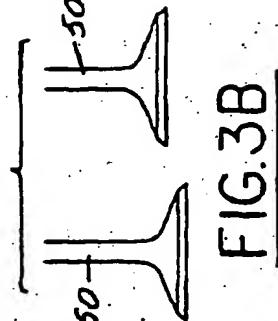


FIG. 3B

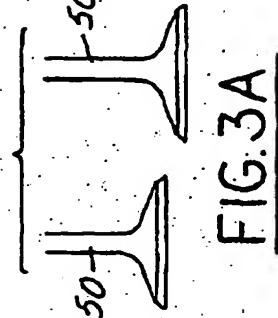


FIG. 3A

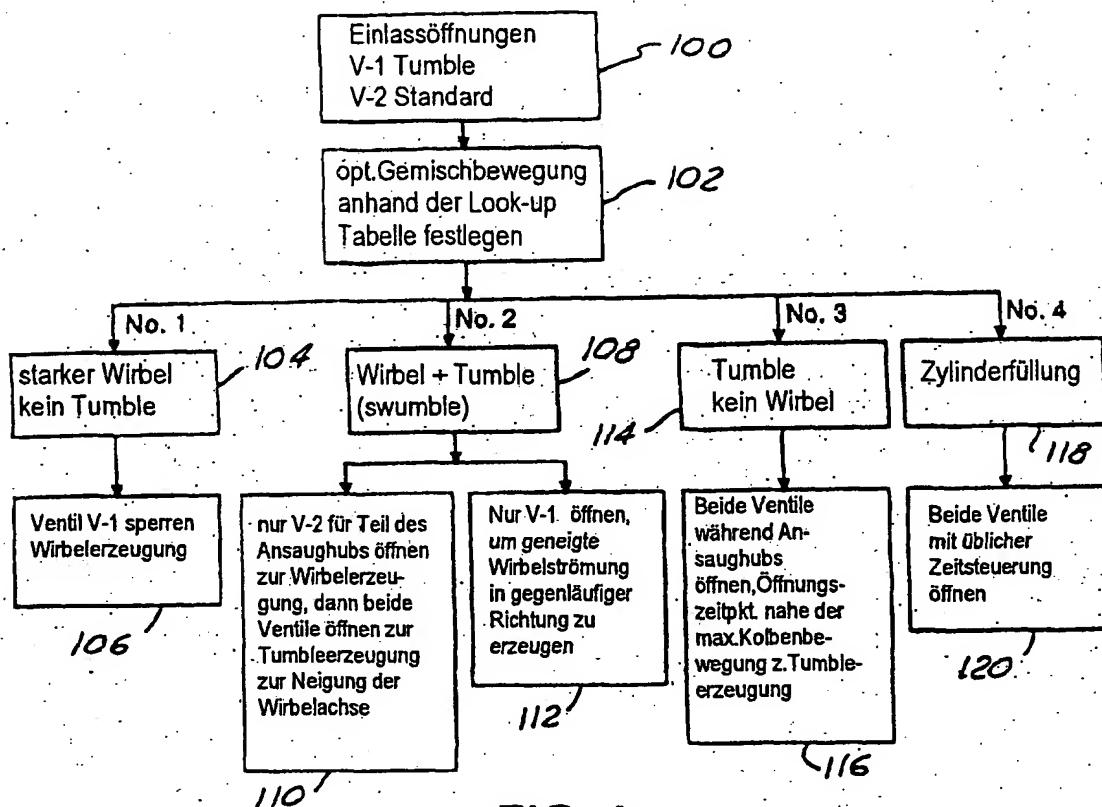


FIG.4

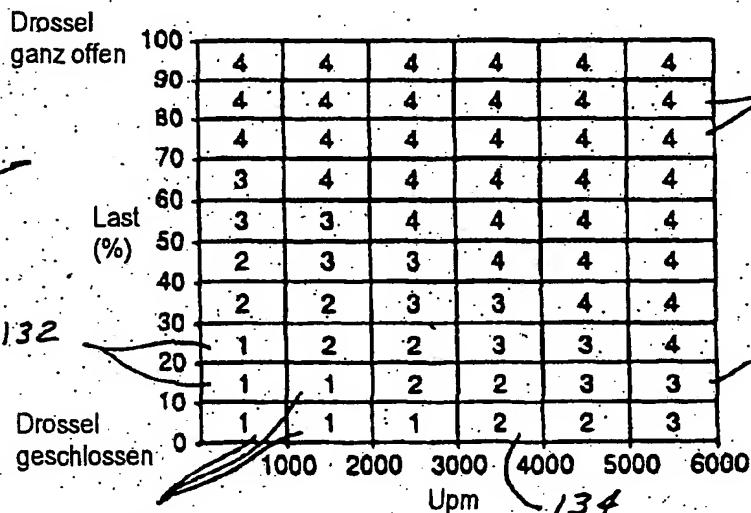


FIG.5